Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 249-260

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۶۰-۲۴۹

مقاله پژوهشی

بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) با کاربرد کود ورمی‌کمپوست در تاریخ‌های مختلف کاشت

مهدی وطن دوست[۱]، مهدی مدن دوست[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۶

چکیده

تعیین زمان کاشت مطلوب گیاهان دارویی بسیار با اهمیت بوده و از عوامل مهم جهت دستیابی به عملکرد بالقوه به شمار می‌آید. از سوی دیگر ورمی‌کمپوست با در دسترس قرار دادن عناصر غذایی لازم، نقش مؤثری ایفا می‌کند. در این پژوهش عملکرد گیاه بادرشبو با ورمی‌کمپوست در تاریخ‌های مختلف کاشت در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در شهرستان فسا بررسی شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول تاریخ‌های مختلف کاشت در چهار سطح (۱ اسفند، ۱۵ اسفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین) و فاکتور دوم ورمی‌کمپوست در سه سطح (شاهد و ورمی‌کمپوست ۵ و ۱۰ تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد که در تاریخ کاشت ۱ اسفند، بیشترین محتوای نیتروژن (۲/۴۶ درصد)، فسفر برگ (۰/۲۴۶ درصد) و وزن خشک اندام هوایی بادرشبو (۹۵۳۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. کاشت دیرهنگام سبب تغییر در صفات فیزیولوژیکی از جمله محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ شد. در نتیجه تأخیر در زمان کاشت باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن خشک اندام هوایی و ریشه گردید. بیشترین درصد اسانس به میزان ۰/۴۷ درصد در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد. تاریخ کاشت ۱۵ فروردین عملکرد اسانس را به میزان ۳۵/۲ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۱ فروردین کاهش داد. در مجموع بیشترین عملکرد بادرشبو در تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد. بنابراین به نظر می‌رسد که تاریخ کاشت ۱ اسفند و مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست برای کاشت گیاه بادرشبو مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، نیتروژن، وزن خشک

مقدمه

بادرشبو یا بادرشبی با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L. گیاهی علفی و یک‌ساله متعلق به خانواده نعناعیان[۳] و بومی آسیای مرکزی و اهلی‌شده در مرکز و شرق اروپاست (Golparvar *et al.*, 2016). در ایران، این گیاه عمدتاً در استان‌های مازندران، یزد، تهران و آذربایجان کشت می‌شود (Mozaffarian, 2013). در بادرشبو سرشاخه‌های گل‌دار برداشت می شود، بنابراین زمان برداشت هنگامی است که مزرعه به گل نشسته باشد. بیشترین مقدار ماده مؤثره بادرشبو در گل و پیکر رویشی (برگ‌ها و ساقه‌های جوان) بوده که البته با توجه به شرایط اقلیمی و محل رویش متفاوت می‌باشد (Amini *et al.*, 2020). اسانس بادرشبو دارای اثرات ضدعفونی‌کننده، ضد باکتری، ضد ویروس و ضد قارچ است (Rudy *et al.*, 2020). همچنین مواد مؤثره موجود در پیکر رویشی بادرشبو اصولاً دارای خواص آرام‌بخشی و اشتهاآوری دارد و به‌عنوان التیام‌دهنده زخم و ضد نفخ کاربرد درمانی دارد. از مهم‌ترین ترکیبات شناسایی‌شده در اسانس این گیاه به ژرانیال[۴]، ژرانیل استات[۵]، نرال[۶]، نریل استات[۷] و ژرانیول[۸] می‌توان اشاره کرد که جزء گروه مونوترپن‌های حلقوی اکسیژن‌دار هستند و در مرحله گلدهی، بیشترین مقدار این ترکیبات یافت می‌شود (Maham *et al.*, 2013).

گیاهان دارویی به دلیل نیاز کم به عناصر غذایی برای شروع حرکت از کشاورزی متداول به سمت کشاورزی پایدار (دوره گذار یا انتقالی) بسیار مناسبند. از سوی دیگر با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای آلی می‌تواند به‌عنوان راهکاری در افزایش عملکرد گیاهان دارویی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mehdimadandoust@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.68798.1022
3- Lamiaceae

4- Geranial
5- Geranyl acetate
6- Neral
7- Neryl acetate
8- Geraniol

باشد (Attarzadeh *et al*., 2019). کودهای با منشا آلی نیز جایگاه قابل‌توجهی در کشاورزی پایدار به‌منظور جایگزین نمودن نهاده‌های شیمیایی دارا می‌باشند (Lim *et al*., 2015). ورمی‌کمپوست که در نتیجه فرآیندهای هضم و تبدیل ضایعات آلی مثل کودهای دامی و بقایای گیاهی ضمن عبور از دستگاه گوارش کرم‌های خاکی به‌وجود می‌آید، از جمله منابع اساسی تغذیه گیاهان در نظام‌های زراعی پایدار می‌باشد. استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عمل می‌کند (Ali *et al*., 2015). ورمی‌کمپوست با تأکید بر ترکیبات هورمونی و مواد ترشح‌کننده باعث بهبود و افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و افزایش بیان ژن‌های مسئول سبب ایجاد تحمل در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (Ievinsh, 2020). ورمی‌کمپوست سبب افزایش عملکرد کیفی در گیاهان دارویی می‌شود. اگرچه سازوکار دقیق آن کاملاً روشن نیست، ولی احتمالاً اثر آن در ارتباط با تحریک ترشح اسیدهای آلی و بیان سنتز تنظیم‌کننده‌های رشد توانسته چنین نقشی را ایفا کند (Chaturvedi and Pandey, 2020). گزارش‌شده است که افزودن ورمی‌کمپوست در بستر کشت گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) سبب افزایش فتوسنتز، وزن خشک اندام هوایی و درصد اسانس گردید (Amooaghaie and Golmohammadi, 2017). ورمی‌کمپوست با نشان دادن یک پتانسیل هم‌افزایی امیدوارکننده سبب افزایش خواص فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه دارویی نعناع وحشی (*Mentha arvensis* L.) شد که منجر به عملکرد بالا و کیفیت بهتر می‌شود (Chaturvedi and Pandey, 2020).

علاوه بر تغذیه گیاه، شرایط محیطی هم از عوامل تعیین‌کننده برای کاشت گیاهان دارویی هستند. محققان گزارش کردند که بهترین تاریخ کاشت برای کاشت اکثر گیاهان دارویی، هوای با دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس می‌باشد. علاوه بر شرایط ذکرشده، گیاهان دارویی در روزهای کمتر از ۱۳ ساعت به گل رفته و گل‌دهی زودهنگام سبب کاهش چشمگیر در میزان محصول و کم شدن عملکرد کمی و کیفی خواهد شد. از سوی دیگر با بهبود وضعیت بستر خاک از طریق استفاده از کود ورمی‌کمپوست می‌تواند سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی در شرایط مختلف نوری گردد (Yosefi Shiadeh *et al*., 2015). پس شناخت تاریخ مناسب کاشت جهت بهبود حداکثر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبو از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Omidbaigi *et al*., 2009). در رابطه با تأثیر زمان کاشت بر گیاه دارویی بادرشبو، آزمایش‌هایی در خصوص بهترین زمان کاشت گیاه بادرشبو انجام شده است که با توجه به شرایط اقلیمی محل آزمایش نتایج متفاوتی حاصل گردیده است، به‌طوری که برخی بهترین زمان کاشت را اواخر مارس یا اوایل آوریل (اواسط فروردین) دانسته، اما برخی دیگر، بهترین زمان کاشت برای گیاه دارویی بادرشبو را ماه می (اردیبهشت ماه) معرفی کرده‌اند (Halasz-zelnik *et al*.,1988; Suchorska *et al*., 1994). محققان دیگر اثر زمان‌های مختلف کاشت بر رشد، عملکرد پیکر رویشی و مقدار اسانس گیاه دارویی بادرشبو در تهران مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که با توجه به این‌که حداکثر عملکرد اسانس گیاهان کشت شده در ۱۵ فروردین می‌باشد، بنابراین این تاریخ برای کشت گیاه بادرشبو توصیه می‌گردد (Borna *et al*., 2007).

ارزیابی تاریخ کاشت و بستر مناسب کاشت جهت بهبود حداکثر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. با وجود انجام مطالعات فراوان در مورد آثار مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در رشد گیاهان مختلف، تاکنون مطالعات کمی در مورد کاربرد ورمی‌کمپوست در گیاه بادرشبو در تاریخ‌های مختلف کاشت انجام شده است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد پیکر رویشی و اسانس گیاه بادرشبو در تاریخ‌های مختلف کاشت در استان فارس- شهرستان فسا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ به‌صورت مزرعه‌ای در نهالستان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان فسا با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۹۷ دقیقه و ارتفاع ۱۴۳۰ متر از سطح دریا انجام گردید. عامل اول شامل چهار تاریخ کاشت (۱ اسفند، ۱۵ اسفند، ۱ فروردین و ۱۵ فروردین) و عامل دوم شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (شاهد، بدون کود و ورمی‌کمپوست مقدار ۵ و ۱۰ تن در هکتار) بود. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). همچنین شرایط آب و هوایی فصل کاشت تا برداشت بادرشبو در فسا در طول دوره رشد گیاه در جدول ۲ گزارش شده است (ایستگاه هواشناسی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان فسا).

کاشت در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر انجام و در هر کرت چهار ردیف با تراکم زیاد کشت شد. فاصله بین ردیف‌ها ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به دلیل کوچک بودن بذرها در عمق نیم تا یک سانتی‌متری کشت شد (Borna *et al*., 2007). زمانی‌که بوته‌ها به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر رسیدند تنک شده به‌طوری‌که فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک محل انجام آزمایش
Table 1- Analysis of soil physical and chemical testing

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	Cu (mg.kg^{-1})	Fe (mg.kg^{-1})	Zn (mg.kg^{-1})	Mn (mg.kg^{-1})	K (mg.kg^{-1})	P (mg.kg^{-1})	N (%)	کربن آلی O.C (%)
Loam	0.64	8.02	0.62	7.1	1.2	3.4	340	25	0.1	0.96

جدول ۲- شرایط آب و هوایی در طول مراحل رشد بادرشبو
Table 2- The climate conditions for during the growth stages Dracocephalum moldavica

سال Year	ماه Month	حداقل دما Temperature Minimum (°C)	حداکثر دما Temperature Maximum (°C)	بارندگی Precipitation (mm)	حداقل رطوبت Humidity Minimum (%)	حداکثر رطوبت Humidity Maximum (%)
۱۳۹۸ 2020	اسفند	7.4	24.0	0	19	49
۱۳۹۹ 2020-2021	فروردین	10.4	21.3	0	32	70
	اردیبهشت	15.7	28.8	0	16	54
	خرداد	22.0	38.5	0	11	23
	تیر	22.1	40.1	0	10	27

فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر بود. در مدت زمان کاشت تا برداشت گیاه کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. پس از آماده‌سازی زمین برای کاشت، کاربرد ورمی‌کمپوست بر پایه تیمارهای مورد استفاده انجام شد. خصوصیات کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۳ گزارش شده است. کود ورمی‌کمپوست از شرکت طلای سبز فسا تهیه شد. بعد از کاشت بذرها در تاریخ‌های مربوطه، کرت‌های آزمایشی آبیاری شد. آبیاری برای تمامی تیمارها به‌صورت ۲۵ درصد تخلیه رطوبتی انجام شد. آبیاری براساس اندازه‌گیری رطوبت خاک از طریق نمونه‌گیری مکرر و روزانه خاک از عمق توسعه ریشه در وسط هر کرت به روش وزنی انجام شد. مقدار آبیاری تا رسیدن به نقطه رطوبت ظرفیت زراعی انجام شد. برای تعیین مقدار رطوبت خاک در شرایط ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم از دستگاه صفحه فشاری استفاده شد (Attarzadeh *et al*., 2019). طول دوره رشد گیاه بادرشبو در تاریخ ۱ اسفند حدود ۱۲۸ روز، تاریخ ۱۵ اسفند حدود ۱۱۹ روز، تاریخ ۱ فروردین حدود ۱۱۰ روز و در نهایت تاریخ ۱۵ فروردین ۹۵ روز بود. در پایان دوره رشد نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات انجام شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه کود ورمی‌کمپوست
Table 3- Analysis of vermicompost Fertilizer

هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	کربن آلی O.C (٪)	اسیدیته pH	N (٪)	P (٪)	K (٪)
2.1	13.3	7.1	1.87	0.73	1.39

اندازه‌گیری صفات

غلظت عناصر غذایی برگ

تعیین غلظت عناصر برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام گرفت. اندازه‌گیری نیتروژن برگ پس از هضم نمونه گیاهی براساس تیتراسیون بعد از تقطیر توسط دستگاه کجلدال مدل V40 اندازه‌گیری شد (Lang, 1958). برای اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم برگ، نمونه‌های برداشت شده با آب مقطر کاملاً شسته شدند و به مدت دو روز در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون خشک گردید. سپس یک گرم از نمونه خشک شده توزین شد و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خاکستر گردید. خاکستر مورد نظر بعد از اضافه کردن ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال روی هیتر قرار داده و با شروع جوشیدن، محلول حاصل از کاغذ صافی ۱۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس حجم نمونه‌ها توسط آب دوبار تقطیر شده به ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد. در عصاره به‌دست آمده، غلظت فسفر با استفاده از رنگ‌سنجی با معرف مولیبدات-واندات توسط دستگاه

اسپکتروفوتومتر مدل Vis 2100 در طول موج ۴۲۰ نانومتر و پتاسیم به روش نشر شعله‌ای و توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل 620G اندازه‌گیری شد (Jones *et al*., 1991).

صفات فیزیولوژیکی

برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی از بوته‌های داخل مزرعه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی نمونه‌برداری شد. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ‌ها، اول صبح و قبل از طلوع آفتاب از هر تیمار سه برگ کامل، جوان و شاداب انتخاب و توسط قیچی قطعاتی تقریباً به یک اندازه از برگ جدا و وزن تر آن‌ها با ترازو (دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن آماس یافته‌ی برگ، برگ‌ها در ظروف پتری سربسته و حاوی آب مقطر در محلی تاریک با دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت قرار گرفتند. سپس رطوبت سطحی برگ‌ها با کاغذ واتمن شماره یک گرفته شده و وزن آماس محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و سپس وزن شدند. محتوای آب نسبی برگ‌ها با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (Weatherely, 1950).

محتوای آب نسبی برگ = ((FW - DW) / (TW - DW)) × ۱۰۰ (۱)

که در آن FW وزن تازه‌ی بافت برگ، DW وزن خشک بافت برگ، TW وزن آماس یافته بافت برگ است.

میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد. جذب نور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 ساخت کشور آمریکا در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. در نهایت میزان آن‌ها با استفاده از روابط (۲) تا (۴) محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (\text{mg.g}^{-1}) = (12.7\times OD.663) - (2.69\times OD.645)\times V/1000\times W \quad (۲)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (\text{mg.g}^{-1}) = (22.9\times OD.645) - (4.68OD.663)\times V/1000\times W \quad (۳)$$

$$\text{Total chlorophyll} = (\text{mg.g}^{-1}) = (8.02\times OD.663) + (20.2\times OD645)\times V/1000\times W \quad (۴)$$

که در آن V حجم نمونه، OD میزان جذب، W وزن تر نمونه است.

صفات رویشی و عملکرد کمی

در پایان دوره رشد ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و وزن خشک اندام هوایی (وزن خشک برگ+ وزن خشک ساقه+ وزن خشک گل) و وزن خشک ریشه گزارش شد. برای محاسبه وزن خشک اندام هوایی و ریشه در هر کرت برداشت از ردیف‌های وسط جهت حذف اثر حاشیه‌ای با مساحتی معادل یک متر مربع صورت گرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه در پایان دوره رشد، ریشه‌ها به‌طور کامل و با دقت کافی به‌وسیله بیل از خاک نمناک اطراف ریشه خارج و سپس، شستشو و تمیز شدند. وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌طور جداگانه به‌وسیله آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک شد و سپس به‌وسیله ترازوی دقیق توزین شد.

درصد و عملکرد اسانس

جهت اندازه‌گیری درصد اسانس، ابتدا از اندام هوایی در تیمارهای مختلف در مرحله گلدهی برداشت انجام شد. پس از خشک کردن نمونه‌ها در سایه، عملیات خرد کردن صورت گرفت. این عمل به منظور سهولت نفوذ بخار و یا آب به بافت‌های حاوی اسانس و افزایش میزان استخراج اسانس صورت پذیرفت. با استفاده از دستگاه اسانس‌گیری کلونجر مدل Duran Schot کشور آلمان و به روش تقطیر با آب، اسانس‌گیری انجام شد. بدین طریق که ابتدا ۵۰ گرم از ماده خشک گیاهی نیم کوب شده را درون بالن یک لیتری دستگاه ریخته و به آن ۸۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه گردید. جهت تکمیل عمل اسانس‌گیری تا زمان ثابت ماندن اسانس به مدت دو ساعت استفاده از دستگاه کلونجر ادامه یافت و پس از خاتمه عمل و سرد شدن دستگاه با باز نمودن پیچ شیری که در قسمت پایین قرار دارد اسانس و آب از هم جدا گردید، بدین طریق که ابتدا آب خارج شده، پیچ را بسته و با باز نمودن مجدد آن اسانس در ظرفی جداگانه جمع‌آوری شد (Yousefzadeh and Sefidkon, 2016). اسانس حاصل پس از جداسازی از سطح آب توسط سولفات سدیم بدون آب، رطوبت‌زدایی گردیده و آن‌گاه توزین شد (Nejadhabibvash and Daneshgar, 2019). در پایان از ضرب درصد اسانس در عملکرد کل اندام هوایی (عملکرد برگ+عملکرد ساقه+ عملکرد گل) عملکرد اسانس در هکتار گزارش گردید.

آنالیز آماری

تجزیه واریانس داده ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات عناصر غذایی و فیزیولوژیکی

Table 4- Analysis of variance (mean square) for studied traits elements and physiological

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	نیتروژن برگ Leaf nitrogen	فسفر برگ Leaf phosphorus	پتاسیم برگ Leaf potash	محتوای نسبی آب برگ RWC	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll
تکرار Replications	2	0.39 **	0.0003 ns	0.115 **	0.36 ns	2.14 **	0.02 ns	1.86 **
تاریخ کاشت Planting dates	3	0.21 *	0.0003 ns	0.008 ns	21.57 **	0.11 *	0.05 **	0.31 **
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	2.90 **	0.003 **	0.004 ns	45.01 **	0.37 **	0.12 **	0.94 **
تاریخ کاشت × ورمی‌کمپوست Planting dates× Vermicompost	6	0.14*	0.0009 *	0.003 ns	2.94 ns	0.01 ns	0.001 ns	0.01 ns
خطا Error	22	0.05	0.0001	0.011	2.47	0.02	0.01	0.03
ضریب تغییرات C.V (٪)	–	12.4	5.6	8.9	2.4	7.0	8.2	5.4

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌دار

**, * and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, respectively and non-significant

نتایج و بحث

محتوای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ

تاریخ کاشت، محتوای نیتروژن برگ را تحت تاثیر قرار داد. همچنین کود ورمی‌کمپوست، بر محتوای نیتروژن و فسفر برگ معنی‌دار بود. محتوای عناصر نیتروژن و فسفر برگ تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت، اما اثر تیمارهای آزمایشی بر محتوای پتاسیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که در تاریخ کاشت ۱ اسفند، بیشترین محتوای نیتروژن برگ در شرایط ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۲/۴۶ درصد و کمترین مقدار این صفت در شاهد با میانگین ۱/۵۳ درصد به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین در شرایط تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، تیمار ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار نسبت به شاهد و کود ورمی‌کمپوست ۵ تن در هکتار افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). در تاریخ کاشت ۱ فروردین و ۱۵ فروردین، محتوای نیتروژن برگ در سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست ۵ تن در هکتار نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). تأخیر در زمان کاشت سبب کاهش جذب نیتروژن در برگ بادرشبو شده است، به‌طوری که کمترین محتوای نیتروژن برگ در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین به‌دست آمد.

در تاریخ‌های مختلف کاشت، استفاده از کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش محتوای فسفر برگ شد. به‌طوری که بیشترین محتوای فسفر برگ بادرشبو در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد، اما نسبت به کود ورمی‌کمپوست ۵ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). هرچند که در تاریخ کاشت ۱ فروردین، محتوای فسفر برگ در تیمارهای مختلف کودی، اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵).

تأخیر در زمان کاشت احتمالاً با کاهش رشد ریشه و کاهش جذب عناصر غذایی سبب کمتر شدن جذب نیتروژن شده است. بنابراین احتمالاً کاهش محتوای نیتروژن برگ در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین به دلیل کمتر شدن طول دوره رشد خواهد بود. محققان گزارش کردند که کاشت زود هنگام، رشد گیاه را به دلیل بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش خواهد داد. اما کاشت دیرهنگام به دلیل کاهش طول دوره رشد، سبب کاهش منابع می‌شود (Bagheri and Balouchi, 2013). از سوی دیگر کود ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار از طریق بهبود ساختمان خاک سبب افزایش جذب عناصر غذایی شده است. ورمی‌کمپوست محصول فراوری شده است که قادرند عناصر غذایی مناسب را در خاک آزاد نمایند (Demir, 2019). ورمی‌کمپوست فراهمی بیشتر عناصر غذایی از جمله نیتروژن را باعث شده و از هدرروی عناصر خاک جلوگیری می‌کند (Nigussie *et al*., 2016).

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست بر صفات مورد بررسی بادرشبو

Table 5- Mean comparison interactions of planting dates and vermicompost for studied traits *Dracocephalum moldavica*

تاریخ کاشت Planting date	ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	نیتروژن برگ Leaf Nitrogen (%)	فسفر برگ Leaf Phosphorus (%)	شاخه جانبی Lateral branch	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight ($kg.ha^{-1}$)
۱ اسفند 20 February	0	1.53 ef	0.211 cd	12 c	5180 fg	400 cd
	5	2.40 bcd	0.244 a	14 ab	7700 bc	450 bc
	10	2.46 a	0.246 a	15 a	9530 a	550 ab
۱۵ اسفند 5 March	0	1.31f	0.210 cd	12 c	5960 d-f	380 cd
	5	1.80 cde	0.223 abc	12 bc	6700 cde	400 cd
	10	2.36 ab	0.244 a	13 abc	9260 a	500 bc
۱ فروردین 20 March	0	1.37 f	0.216 bcd	9 d	6250 c-f	260 de
	5	1.63 def	0.223 abc	14 abc	7010 cd	560 ab
	10	2.48 a	0.234 abc	14 ab	8450 ab	650 a
۱۵ فروردین 3 April	0	1.32f	0.196 d	8 d	4180 g	210 e
	5	1.47 ef	0.216 bcd	9 d	4770 fg	260 de
	10	2.11 abc	0.237 ab	9 d	5300 efg	360 cd

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan test at 5% probability level.

کودهای آلی از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی سبب افزایش جذب عناصر توسط گیاه و بالا بردن میزان نیتروژن و فسفر در گیاه می‌شود (Erdal and Ekinci, 2020).

محتوای نسبی آب برگ

تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست، محتوای نسبی آب برگ بادرشبو را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر قرار داد، اما این صفت تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست قرار نگرفت (جدول ۴). تاریخ کاشت ۱ اسفند از محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بود که با تاریخ کاشت ۱۵ اسفند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). همچنین کمترین محتوای نسبی آب برگ با میزان ۶۲/۷ درصد در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین مشاهده شد. محتوای نسبی آب برگ بادرشبو با افزایش استفاده از کود ورمی‌کمپوست روند افزایشی را نشان می‌دهد. به‌طوری که بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد، هرچند که با ورمی‌کمپوست ۵ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷). تأخیر در زمان کاشت به دلیل افزایش تنش گرما و خشکی سبب کاهش رشد ریشه شده و در نتیجه سبب جذب کم آب از خاک می‌شود (Kamaei *et al*., 2019). تاریخ کاشت در زمان مناسب به دلیل این‌که گیاه طول دوره رشد طولانی‌تری داشته به اندازه کافی رطوبت از خاک جذب کرده و محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بوده است. محققان افزایش جذب آب توسط ریشه و انتقال به برگ‌ها را در اثر مصرف ورمی‌کمپوست گزارش کردند (Erdal and Ekinci, 2020). ورمی‌کمپوست علاوه بر کمک به گسترش ریشه، قابلیت نگهداری آب در خاک را افزایش داده که منجر به بهبود جذب آب توسط ریشه می‌شود. در نتیجه کمتر بودن محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد بدون کود ورمی‌کمپوست، احتمالا به دلیل کاهش ظرفیت جذب آب در خاک است (Demir, 2019).

مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی

تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست، کلروفیل a، b و کل برگ بادرشبو را تحت تأثیر قرار داد، اما این صفات تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست قرار نگرفت (جدول ۴). در تاریخ کاشت ۱ اسفند، محتوای کلروفیل a، b و کل برگ با تاریخ ۱۵ اسفند و ۱ فروردین اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). از سوی دیگر تاریخ کاشت ۱۵ فروردین سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل a، b و کل برگ بادرشبو (به‌ترتیب به میزان ۱۰/۴، ۱۳/۷ و ۱۱/۵ درصد) نسبت به تاریخ کاشت ۱ اسفند گردید. محتوای کلروفیل a، b و کل برگ با افزایش استفاده از کود ورمی‌کمپوست روند افزایشی نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین میزان محتوای کلروفیل a، b و کل برگ در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد، هرچند که ورمی‌کمپوست ۱۰ تن با ۵ تن اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷). از سوی دیگر کمترین محتوای کلروفیل a، b و کل در تیمار شاهد بدون کود ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. به نظر می‌رسد گیاه بادرشبو در تاریخ ۱۵ فروردین به علت مصادف شدن شروع گلدهی با دمای بالای منطقه سبب کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی شده است. تغییر در تاریخ

کاشت به علت تغییر طول روز، دما و رطوبت نسبی تأثیر به‌سزایی در رشد و نمو طی فصل رشد دارد. انتخاب مناسب تاریخ کاشت یکی از مهم ترین عوامل مدیریتی مؤثر در تولید تمام محصولات در راستای کاهش آثار منفی تنش‌های محیطی است (Khichar and Niwas, 2006). از سوی دیگر مصرف کود ورمی‌کمپوست به دلیل بهبود جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن سبب سنتز بیشتر رنگدانه‌های فتوسنتزی شده است (Hosseinzadeh *et al*., 2018). بنابراین با توجه به نقش کلیدی عناصری مانند نیتروژن در ساختمان کلروفیل، به‌نظر می‌رسد تأمین این عنصر دلیل اصلی افزایش کلروفیل برگ در این پژوهش باشد. میزان تجمع کلروفیل در بافت‌های سبز گیاهی از مهم‌ترین صفت‌های فیزیولوژیکی است که رابطۀ مستقیمی با میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی دارد و میزان آن در شرایط تنش به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز و کلروفیلاز به شدت کاهش می‌یابد (Baghbani- Arani *et al*., 2017).

جدول ٦- مقایسه میانگین تاریخ کاشت بر صفات مورد بررسی بادرشبو

Table 6- Mean comparison of planting dates for studied traits of *Dracocephalum moldavica*

تاریخ کاشت Planting dates	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.ha^{-1})
۱ اسفند 20 February	66.5 a	2.50 a	1.31 a	3.81 a	58 a	0.43 b	29 b
۱۵ اسفند 5 March	65.0 ab	2.45 a	1.27 a	3.72 a	53 b	0.44 b	31 ab
۱ فروردین 20 March	64.3 b	2.41 a	1.23 ab	3.64 a	49 b	0.47 a	34 a
۱۵ فروردین 3 April	62.7 c	2.24 b	1.13 b	3.37 b	43 c	0.48 a	22 c

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan test at 5% probability level.

جدول ۷- مقایسه میانگین ورمی‌کمپوست بر صفات مورد بررسی بادرشبو

Table 7- Mean comparison of vermicompost for studied traits *Dracocephalum moldavica*

ورمی‌کمپوست Vermicompost (t.ha^{-1})	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g^{-1} FW)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg.h^{-1})
0	62.5 b	2.20 b	1.12 b	3.32 b	47 b	0.43 b	23 c
5	65.2 a	2.46 a	1.25 a	3.71 a	51 a	0.44 b	25 b
10	66.2 a	2.54 a	1.33 a	3.87 a	54 a	0.47 a	37 a

میانگین‌هایی دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan test at 5% probability level.

ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی

ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی بادرشبو تحت تأثیر تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت، همچنین تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست قرار گرفت (جدول ۸). بیشترین ارتفاع بوته گیاه بادرشبو در تاریخ کاشت ۱ اسفند مشاهده شد، همچنین ارتفاع بوته بادرشبو در تاریخ‌های مختلف کاشت ۱۵ اسفند با ۱ فروردین اختلاف معنی‌داری نشان نداد. از سوی دیگر تاریخ کاشت ۱۵ فروردین سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته به میزان ۲۵/۸۶ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۱ اسفند شد (جدول ۶). از سوی دیگر بیش‌ترین ارتفاع بوته گیاه بادرشبو به میزان ۵۴ سانتی‌متر در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد، که نسبت به ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست افزایش ۱۴/۹ درصدی نشان داد (جدول ۷).

در تاریخ کاشت ۱ اسفند، بیشترین تعداد شاخه جانبی در شرایط ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۱۵ عدد و کمترین مقدار این صفت در شاهد با میانگین ۱۲ عدد به‌دست آمد (جدول ۵). در تاریخ

کاشت ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین، تعداد شاخه جانبی در سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). همچنین در شرایط تاریخ کاشت ۱ فروردین، تیمار ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار نسبت به شاهد افزایش ۵۵/۵ درصدی نشان داد، اما نسبت به ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

وجود فرصت کافی برای رشد سبب افزایش ارتفاع در بوته می‌گردد. در آزمایشی علت کاهش رشد گیاه با تأخیر در کاشت را کاهش دوره رشد رویشی دانسته‌اند (Seghatoleslami and Ahmadi Bonakdar, 2010). بنابراین کاشت دیرهنگام با کاهش طول دوره رشد موجب کاهش رشد می‌شود. کاشت گیاه در زمان مناسب سبب می شود که مجموعه عوامل محیطی مناسب برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاه فراهم شود و گیاه در دوره رشد خود با شرایط مطلوب محیطی روبه‌رو گردد (Ghorbani *et al*., 2010). بنابراین دوره رشد طولانی‌تر و یا اختلاف در صفات فیزیولوژیکی مثل مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ در تاریخ کاشت ۱ اسفند، از دلایل احتمالی برای میزان بالاتر شاخص‌های رشدی باشد. از سوی دیگر کود ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی قابل استفاده فراوانی بوده که موجب تغذیه مستقیم گیاهان شده و سبب افزایش رشد و تعداد شاخه جانبی می‌گردد (Rathore and Kumar, 2021). در هر حال وجود مواد هومیکی و مواد آلی در ورمی‌کمپوست، رشد گیاه بادرشبو را به شکل مناسبی تحریک می کند (Gohari *et al*., 2019). با توجه به این‌که ورمی‌کمپوست سبب بهبود جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر شده، بنابراین افزایش افزایش ارتفاع و تعداد شاخه جانبی گیاه بادرشبو در در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار تاییدی بر این ادعا می‌باشد.

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات عملکرد کمی و کیفی

Table 8- Analysis of variance (mean square) for studied traits quantitative and qualitative yield

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	شاخه جانبی Lateral branch	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replications	2	58 *	18 **	737314 ns	18686 ns	0.0024 ns	15.8 ns
تاریخ کاشت Planting dates	3	328 **	37 **	13040533 **	79328 **	0.0059 **	229.3 **
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	127 **	25 **	16315239 **	120069 **	0.0056**	531.7**
تاریخ کاشت × ورمی‌کمپوست Planting dates× Vermicompost	6	24 ns	4 *	1136833 *	16273 *	0.0005 ns	19.5 ns
خطا Error	22	17	1.4	327983	5246	0.0009	12.0
ضریب تغییرات C.V (٪)	_	8.0	10.0	8.7	17.3	6.8	11.6

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌دار

**,* and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, respectively and non-significant

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

اثر تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه بادرشبو معنی‌دار بود، همچنین این صفات تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۸). تأخیر در زمان کاشت سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی بادرشبو شد. از سوی دیگر در تاریخ کاشت ۱ اسفند، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در شرایط ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۹۵۳۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار این صفت در شاهد با میانگین ۵۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند و ۱ فروردین، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار به‌دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). همچنین در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین، اختلاف معنی‌داری بین سطوح ورمی‌کمپوست ۵ و ۱۰ تن در هکتار با شاهد وجود نداشت (جدول ۵).

تاریخ کاشت ۱۵ فروردین سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد (جدول ۵). از سوی دیگر در تاریخ کاشت ۱ اسفند، وزن خشک ریشه در شرایط ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد افزایش ۳۷/۵ درصدی نشان داد (جدول ۵). در تاریخ کاشت ۱۵

اسفند، وزن خشک ریشه در سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). همچنین در شرایط تاریخ کاشت ۱ فروردین و ۱۵ فروردین، تیمار ۱۰ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد، اما نسبت به ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

تأخیر در زمان کاشت باعث کوتاه شدن طول دوره رشد گیاه می شود و در نتیجه گیاه ماده خشک کمتری تولید می‌کند. بنابراین کاهش وزن خشک با تأخیر در کاشت نیز مؤید این امر می‌باشد. محققان گزارش کردند که اثرات زیان‌بار تأخیر در کاشت به دلیل تنش گرمای انتهایی دوره رشد از طریق تأثیر بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بوده است (Kamaei *et al.*, 2019). بنابراین کاهش در میزان شاخص‌های رشد از جمله وزن خشک اندام هوایی بادرشبو در تیمار ۱۵ فروردین در نتیجه کاهش محتوای کلروفیل و اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی حاصل شده است. از سوی دیگر تولید وزن خشک بیشتر در سطح ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد به دلیل جذب عناصر غذایی بیشتر و همچنین بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ می‌باشد. احتمالاً مقادیر بالای ورمی‌کمپوست سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده و به تبع آن جذب عناصر غذایی مورداستفاده در گیاه افزایش می‌یابد (Rathore and Kumar, 2021). محققان گزارش کردند که ورمی‌کمپوست با بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی سبب تأثیر مثبتی بر رشد گیاه بادرشبو دارد (Gohari *et al.*, 2019).

درصد و عملکرد اسانس

تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست، درصد و عملکرد اسانس بادرشبو را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر قرار داد، اما این صفات تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و کود ورمی‌کمپوست قرار نگرفت (جدول ۸). تأخیر در زمان کاشت سبب افزایش درصد اسانس بادرشبو شد، به طوری که تاریخ کاشت ۱۵ فروردین از درصد اسانس بالاتری برخوردار بود (جدول ۶). همچنین درصد اسانس در شرایط تاریخ کاشت ۱ فروردین با تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و تاریخ کاشت ۱ اسفند و ۱۵ اسفند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). از سوی دیگر بیشترین میزان درصد اسانس به میزان ۰/۴۷ درصد در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد، هرچند که ورمی‌کمپوست ۵ تن در هکتار با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷).

تأخیر در زمان کاشت تا زمان ۱ فروردین سبب افزایش درصد اسانس بادرشبو شد، اما تاریخ کاشت ۱۵ فروردین عملکرد اسانس را به میزان ۳۵/۲ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۱ فروردین کاهش داد (جدول ۶). همچنین عملکرد اسانس در شرایط تاریخ کاشت ۱ اسفند با ۱۵ اسفند و تاریخ کاشت ۱۵ اسفند با ۱ فروردین اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). از سوی دیگر افزایش میزان عملکرد اسانس با استفاده از کود ورمی‌کمپوست مشاهده شد، به‌طوری که بیشترین عملکرد اسانس در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول ۷).

نتایج آزمایش نشان داد که اگرچه تأخیر در زمان کاشت سبب کاهش عملکرد کمی شد، اما سبب افزایش معنی‌دار میزان درصد اسانس بادرشبو شد. لازم به ذکر است که احتمالاً کاهش عملکرد اسانس در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین متاثر از کاهش وزن خشک اندام هوایی بوده است. از سوی دیگر استفاده از کود ورمی‌کمپوست توانسته سبب افزایش جذب عناصر غذایی گردد، در نتیجه سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب وزن خشک بیشتر و در نهایت افزایش عملکرد اسانس می‌گردد. محققان گزارش کردند که تأخیر در زمان کاشت سبب تغییر در میزان درصد و عملکرد اسانس می‌شود (Soleimani *et al.*, 2011). از سوی دیگر کودهای آلی و زیستی با تولید و ترشح اسیدهای آلی و بیان سنتز تنظیم‌کننده‌های رشد می‌توانند شرایط مطلوبی را برای انجام بهتر فرآیندهای بیوشیمیایی در گیاهان دارویی فراهم سازند (Attarzadeh *et al.*, 2020). در توافق با برخی دیگر تحقیقات، افزایش میزان اسانس گیاه بادرشبو با استفاده از کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست گزارش شده است (Nasiri *et al.*, 2019). بنابراین تغذیه مناسب گیاه از طریق کودهای آلی، ممکن است سبب تسهیل در انجام فرآیندهای بیوشیمیایی تولید اسانس شود و در نتیجه میزان اسانس را افزایش دهد (Amooaghaie and Golmohammadi, 2017).

نتیجه‌گیری

تأخیر در زمان کاشت با کوتاه شدن طول دور رشد سبب تاثیر منفی بر محتوای نسبی آب برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده است، که در نهایت رشد و توسعه ریشه را محدود می‌کند. همچنین کاشت گیاه بادرشبو در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین سبب نوعی محدودیت در جذب عناصر غذایی در مراحل انتهایی رشد شده است. از سوی دیگر تیمارهای کودی ورمی‌کمپوست استفاده شده بر خصوصیات کمی و کیفی بادرشبو اثر معنی‌داری داشت. ورمی‌کمپوست توانسته عناصر غذایی را به میزان قابل قبول در اختیار گیاه قرار دهد و شرایط مناسب رشد و افزایش عملکرد را در پی داشته باشد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که ورمی‌کمپوست با فراهم آوردن محیط رشد مناسب باعث افزایش رشد در بادرشبو شده است. از این رو کودهای آلی می‌تواند برای بهبود عملکرد کمی و کیفی استفاده گردد که در چشم‌انداز این گیاه برای کاربردهای دارویی مفید است. بنابراین به نظر می‌رسد که تاریخ کاشت ۱ اسفند و مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست برای کاشت گیاه بادرشبو مناسب باشد.

References

1. Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Riaz, L., Rabbani, M. M., Syed, J. H., and Malik, R. N. 2015. A review on vermicomposting of organic wastes. Environmental Progress and Sustainable Energy 34: 1050-1062.
2. Amini, R., Zafarani-Moattar, P., Shakiba, M. R., and Sarikhani, M. R. 2020. Essential oil yield and composition of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) as affected by inoculation treatments under drought stress condition. Journal of Essential Oil Bearing Plants 23: 728-742.
3. Amooaghaie, R., and Golmohammadi, S. 2017. Effect of vermicompost on growth, essential oil, and health of *Thymus vulgaris*. Compost Science and Utilization 25: 166-177.
4. Arnon, D. E. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase (*Beta vulgaris*). Plant Physiology 24: 1-15.
5. Attarzadeh, M., Balouchi, H. R., Rajaie, M., Movahhedi Dehnavi, M., and Salehi, A. 2019. Improvement of *Echinacea purpurea* performance by integration of phosphorus with soil microorganisms under different irrigation regimes. Agricultural Water Management 221: 238-47.
6. Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M. M., and Salehi, A. 2020. Improving growth and phenolic compounds of *Echinacea purpurea* root by integrating biological and chemical resources of phosphorus under water deficit stress. Industrial Crops and Products 154: 112763.
7. Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2017.Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. Industrial Crops and Products 109: 346-357.
8. Bagheri, F., and Balouchi, H. R. 2013. The effect of planting date on some quantitative and qualitative traits of nine grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars in Yasouj region. Journal of Crop Production and Processing 3(9): 29-43. (in Persian with English abstract).
9. Borna, F., Omidbaigi, R., and Sefidkon, F. 2007. The effect of sowing dates on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23 (3): 307-314. (in Persian with English abstract).
10. Chaturvedi, S., and Pandey, R. 2021. Bioinoculant with vermicompost augments essential oil constituents and antioxidants in *Mentha arvensis* L. Journal of Plant Growth Regulation 40 (3): 1284-1297.
11. Demir, Z. 2019. Effects of vermicompost on soil physicochemical properties and lettuce (*Lactuca sativa* Var. Crispa) yield in greenhouse under different soil water regimes. Communications in Soil Science and Plant Analysis 50: 2151-2168.
12. Erdal, İ., and Ekinci, K. 2020. Effects of composts and vermicomposts obtained from forced aerated and mechanically turned composting method on growth, mineral nutrition, and nutrient uptake of wheat. Journal of Plant Nutrition 43: 1343-1355.
13. Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahani, M., Hosseini, A., Mohammad-Abadi, A. A., and Sabet Teimouri, M. 2010. Effect of planting date, weed control time, and method on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 143-151. (in Persian with English abstract).
14. Gohari, G., Mohammadi, A., and Duathi Kazemnia, H. 2019. Effect of vermicompost on some growth and biochemical characteristic of *Dracocephalum moldavica* L. under water salinity stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 29: 151-168. (in Persian with English abstract).
15. Golparvar, A. R., Hadipanah, A., Gheisari, M. M., and Khaliliazar, R. 2016. Chemical constituents of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. and *Dracocephalum kotschyi Boiss*. From Iran. Acta Agriculturae Slovenica 107: 25-31.
16. Halasz-zelnik, K., Hornok, L., and Domokos, J. 1988. Data on the cultivation of *Dracocephalum moldavica* L. in Hungary. Herba Hungarica 28 (1): 49-8.
17. Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2018. Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer. Journal of Integrative Agriculture 17: 2426-2437.
18. Ievinsh, G., 2020. Review on physiological effects of vermicomposts on plants. Biology of Composts 58: 63-86.
19. Jones, J. R., Wolf, J. B., and Mkks, H. A. 1991. Plant analysis: A paractical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro and Macro publishing Inc. Athens, Georgia.
20. Kamaei, H., Eisvand, H. R., Daneshvar, M., and Nazarian, F. 2019. The study effects of planting date, phosphate Bio-fertilizer and foliar application of zinc and boron on leaf area index, leaf area duration, leaf relative water content, cell membrane stability, quantum efficiency of PSII, leaf proline content and grain yield of bread wheat. Plant Process and Function 8 (29): 59-74. (in Persian with English abstract).
21. Khichar, M. L., and Niwas, I. 2006. Microclimatic profiles under different sowing environment in wheat. Journal of Agrometeorology 8: 201-209.
22. Lang, C. A. 1958. Simple micro determination of kjeldahl nitrogen in biological materials. Analytical Chemistry

30: 1692-1694.
23. Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., and Shak, K. P. Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. Journal of the Science of Food and Agriculture 95: 1143-1156.
24. Maham, M., Akbari, H., and Delazar, A. 2013. Chemical composition and antinociceptive effect of the essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. Pharmaceutical Sciences 18 (4): 187-192.
25. Mozaffarian, V. 2013. Identification of medicinal and aro-matic plants of Iran.
26. Nasiri, Y., Baghban Akbari, P., Nouraein, M., and Amini, R. 2019. Evaluation of Farmyard and Vermicompost Application and Spray of Ascorbic Acid and Humic Substances on Dragonhead Production (*Dracocephalam moldavica* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 29: 83-101. (in Persian with English abstract).
27. Nejadhabibvash, F., and Daneshgar, M. 2019. Variation in the essential oil of Thymus kotschyanus Boiss. and Hohen. Apical shoots at different developmental stages. Journal of Plant Research 32 (2): 428-438. (in Persian with English abstract).
28. Nigussie, A., Kuyper, T. W., Bruun, S., and de Neergaard, A. 2016. Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting. Journal of Cleaner Production 139: 429-439.
29. Rathore, S., and Kumar, R. 2021. Vermicompost fertilization and pinching improves the growth, yield, and quality of super food (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the western Himalaya. Acta Physiologiae Plantarum 43: 1-16.
30. Rudy, S., Dziki, D., Biernacka, B., Krzykowski, A., Rudy, M., Gawlik-Dziki, U., and Kachel, M. 2020. Drying characteristics of Dracocephalum moldavica leaves: Drying kinetics and physicochemical properties. Processes 8: 509.
31. Seghatoleslami, M. J., and Ahmadi Bonakdar, Kh. 2010. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum gracum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26 (2): 265-274. (in Persian with English abstract).
32. Soleimani, B., Khosh-Khui, M., and Ramezani, S., 2011. Planting date effects on growth, seed yield essential oil content and chemical composition of Ajowan. Journal of Applied Biological Sciences 5: 7-11.
33. Suchorska, K., Starch, Z., and Osinska, E. 1994. Growth and development of *Dracocephalum moldavica* L. in Hungary. Herba Hungarica 27 (1): 49-57.
34. Weatherely, P. E. 1950. Studies in water relation on cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist 49: 81-87.
35. Yosefi Shiadeh, S. Y., Chalavi, V., and Zangi, S. 2015. The effect of different levels of vermicompost and photoperiod on greenhouse production of medicinal plant stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6 (1): 31-39. (in Persian with English abstract).
36. Yousefzadeh, S., and Sefidkon, F. 2016. Investigation of quantitative and qualitative traits of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in several habitats of East and West Azerbaijan provinces. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 32 (4): 728-741. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 249-260

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۶۰-۲۴۹

Improving the Quantitative and Qualitative Yield of *Dracocephalum moldavica* L. with Vermicompost in Different Planting Dates

M. Vatandoost[1], M. Madandoust[2*]

Received: 08-02-2021
Accepted: 16-06-2021

Introduction

Environmental condition and appropriate planting date are the most important factors in producing optimal yield. Different planting dates lead to adaptation of plant vegetative growth period to different temperatures, daytime, and solar radiation. Therefore, it affects the development, production of biomass and ultimately plant yield. The effect of environmental factors on phenological stages of the plant makes the planting date differ from region to region and between genotypes in one region. Determining the optimal time for planting an herb is very important and it is a major factor to achieve potential yield. Furthermore, vermicompost plays an effective role by making available the necessary nutrients. Despite many studies on the positive effects of Vermicompost on the growth of different plants, few studies have investigated the use of vermicompost for *Dracocephalum moldavica* at different planting dates. Therefore, this experiment aimed to examine the effects of different amounts of vermicompost on the growth, yield, and essential oil of *Dracocephalum moldavica* at different planting dates.

Materials and Methods

This study was conducted byfactorial experiment based on completely randomized block design. The first factor included different planting dates at four levels (20 February, 5 March, 20 March, and 3 April) and the second factor included vermicompost at three levels (control and 5 and 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost). Samples were taken from plants in the field at 50% flowering stage to measure the concentration of leaf elements and physiological traits. At the end of the growth period, were measured the height, the number of lateral branches, dry weights of aerial organs, and root dry weight. To measure the percentage of essential oil, were harvested aerial organs in different treatments at the flowering stage. Analysis of data variances was performed using SAS software version 9.1. Duncan's Multiple Range test was used to a comparison between means at $p \leq 0.05$. It should be noted that the results of mean comparison were only presented for the traits that the effect of experimental factors on them was statistically significant.

Results and Discussion

The results indicated that the highest nitrogen and phosphorus content of leaves and dry weight of *Dracocephalum moldavica* were obtained in a treatment of 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost. The delayed planting changed physiological traits, including chlorophyll content and relative water content of leaves. Delayed planting due to the higher heat and drought stress decreased root growth and thus caused low water absorption from the soil. Therefore, the delay in planting reduced some growth indices of *Dracocephalum moldavica* Because of improved absorption of nutrients such as nitrogen, vermicompost resulted in further synthesis of the photosynthesis pigments. Regarding the results of this experiment, the greatest shoot dry weight, dry weight root and essence percentage were obtained by applying 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost, while the lowest one was observed in control treatment without applying vermicompost fertilizer. There was an increase in essential oil percentage and yield by the use of 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost. Furthermore, the planting date of 3 April reduced the yield of essential oil compared to the planting date of 20 March.

Conclusions

In general, the highest quantitative and qualitative yields of *Dracocephalum moldavica* were seen in the treatment of 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost. We recommend the planting date of 20 February and 10 $t.ha^{-1}$ of vermicompost for *Dracocephalum moldavica* planting. Providing a suitable growth medium, vermicompost increased the growth of *Dracocephalum moldavica* Therefore, organic fertilizers can be used to improve the quantitative and qualitative yield of herbs, and they are useful for medicinal applications in the perspective of this plant.

Keywords: Chlorophyll, Essential oil, Nitrogen, Relative water content

1- M.Sc Grauated in Drug Plants, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
(*- Corresponding Author Email: mehdimadandoust@yahoo.com)